

修 士 論 文 の 和 文 要 旨

大学院	電気通信学研究科	博士前期課程	量子・物質工学専攻
氏 名	石本 英彦	学籍番号	0533006
論 文 題 目	単一電子トランジスタを用いた微小強磁性金属の物性研究		

単一電子トランジスタ(SET)では、一般に十分低温では帯電効果により電子のトンネリングが抑制される(クーロン閉塞)。しかし、ゲート電極に電圧を印加し島電極(中央電極)の静電ポテンシャルを変化させると、一定の条件下でクーロン閉塞が緩和される。そのためSETはコンダクタンスがゲート電圧に対して周期的に変化する特徴的な伝導特性(クーロン振動)を持っている。近年、強磁性金属を用いたSETにおいて、一定ゲート電圧のもとでも外部磁場の变化によってコンダクタンス振動が起こる「磁気クーロン振動」と呼ばれる現象が報告されており^[1]、これを利用して強磁性金属のスピンの分極率などの物性定数を得る事ができるものと予想されている。

本研究の目的は常伝導・非磁性(N)/強磁性(F)/常伝導・非磁性(N)-SETを作製し、クーロン振動、磁気クーロン振動等から微小強磁性金属の物性を調べる方法を確立する事である。

本研究では、SETのリード電極に常伝導・非磁性金属のCr、トンネル接合の絶縁膜に Al_2O_3 を用いた単一電子トランジスタが微小強磁性金属の物性研究に適すことを見出し、その物性定数が測定可能であることをCr/Co/Cr-SETの測定で例示し、また素子の作製方法をも確立できた。

素子は電子線リソグラフィ・2方向斜め蒸着法を応用し作製した。初めに、リード電極部分にCrを蒸着する。次にCr電極直上にAlを2 nm蒸着し、熱酸化によりAl層を完全に酸化させトンネル障壁を形成する。その後、接合の対向電極となる島電極部分にCoを蒸着し、最後に余分な部分をリフトオフして素子を完成させる。

図1は約100 mKの低温で、Co電極の磁化容易軸と予想される電極長手方向に磁場を印加しつつゲート電圧を繰り返し掃引した時の素子の電流変化を3次元プロットし、ゲート電圧 - 磁場平面に射影したものである。明部が電流増、暗部が電流減に対応する。傾きを持つ縞模様を得たことから磁気クーロン振動を観測した事が分かる。また、0.2 T付近(矢印)で縞の傾きの極性が変わっているのが見られる。これは島田等の磁気クーロン振動モデルで予想されたように、Co電極の磁化反転に伴うものと考えられる。

また、縞の傾きから熱力学係数を 1.90×10^{-22} J/Tと求めた。これは単純なスピン分極モデルで得られた値に比べ、とても大きい。弱磁場での強磁性金属の振舞いを、ゼーマンエネルギーによるエネルギーシフトに加えて、磁気異方性エネルギーの寄与によるものとするモデルに基づいて考えると、大きな熱力学係数の値は磁化回転によるエネルギーシフトによるものと考えられる。

今後は、本研究で確立したCr電極を用いたN/F/N-SET構造を用いて、他の強磁性金属においても有意な情報が得られるものと期待される。

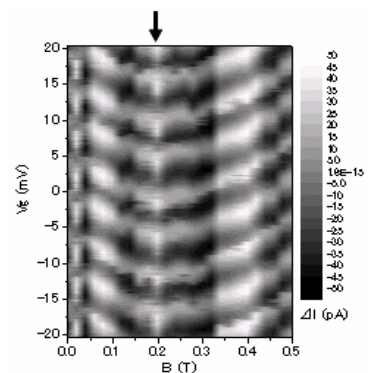


図1.磁気クーロン振動

[1]K.Ono , H. Shimada and Y. Ootuka:Spin Polarization and Magneto-Coulomb Oscillations in Ferromagnetic Single Electron Devices ,J. Phys. Soc. Jpn. **67**(1998)2852